

## 控水灌溉对蓝莓园土壤养分和植株生长与 叶绿素荧光及果实品质的影响

张悦<sup>1,2,3,4</sup>, 张会慧<sup>5</sup>, 周琳<sup>1,2,3,4,5</sup>, 魏殿文<sup>1,2,3,4</sup>

(1.黑龙江省科学院自然与生态研究所, 黑龙江 哈尔滨 150040; 2.湿地与生态保育国家地方联合工程实验室, 黑龙江 哈尔滨 150040; 3.林下经济资源研发与利用协同创新中心, 黑龙江 哈尔滨 150040; 4.黑龙江省特色动植物利用工程技术研究中心, 黑龙江 哈尔滨 150040; 5.东北农业大学资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:**以蓝莓品种‘美登’为试验材料, 设 30%~45%(TR1)、>45%~60%(TR2)和 >60%(TR3)3 个土壤相对含水量处理, 以无灌溉为对照(CK), 测定蓝莓园根围土壤养分和有机质含量、蓝莓农艺性状、叶片叶绿素荧光参数以及果实品质等指标。结果表明:与对照(CK)相比, TR2、TR3 可以显著或极显著提高蓝莓根围土壤的碱解氮、速效磷和有机质含量, 但对土壤速效钾含量的影响没有统计学意义, TR1 处理的土壤碱解氮含量和有机质含量与对照相比均无统计学意义;与 CK 相比, 各处理均可促进蓝莓植株生长、冠幅增加以及枝条伸长、增粗;与 CK 相比, 各处理均能显著或极显著提高 PS II 最大光化学效率( $F_v/F_m$  值)、电子传递速率( $R_{ET}$ )和光化学淬灭系数( $q_P$ ), TR1、TR2 处理的非光化学淬灭( $Q_{NP}$ )较 CK 有所降低, 而 TR3 处理的  $Q_{NP}$  较 CK 增加了 27.52%;不同灌溉处理下蓝莓果实中的花色苷和维生素 C 含量均有不同程度的降低, 但在不影响果实酸度的情况下, 果实中的总糖含量呈明显的增加趋势, 即糖酸比增加, 对总糖含量的促进作用以 TR2 处理最大。综合分析生长和光合参数以及果实品质指标可以发现, 蓝莓品种‘美登’栽培中土壤相对含水量维持在 >45%~60%相对较好。

**关键词:** 蓝莓; 控水灌溉; 土壤养分; 叶绿素荧光参数; 果实品质

中图分类号: S663.901 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2015)05-0503-05

## Effects of water-controlled irrigation on soil nutrients, plant growth, chlorophyll fluorescence characteristics and fruit quality of blueberry(*Semen trigonellae*)

Zhang Yue<sup>1,2,3,4</sup>, Zhang Huihui<sup>5</sup>, Zhou Lin<sup>1,2,3,4,5</sup>, Wei Dianwen<sup>1,2,3,4</sup>

(1.Natural Resources and Ecology Institute Heilongjiang Sciences Academy Harbin 150030, China; 2.National and Provincial Joint Engineering Laboratory of Wetlands and Ecological Conservation Harbin 150030, China; 3.Collaborative Innovation Center for Development and Utilization of Forest Resource Harbin 150030, China; 4.Characteristic Animal and Plant Utilization Engineering Technology Research Center of Heilongjiang Province, Harbin 150040, China; 5.College of resources and environment, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** Blueberry seedlings (Blomidon) were chosen and three irrigation treatments (relative soil water content of 30%–45%, >45%–60% and >60% as TR1, TR2 and TR3, respectively) and a control (non irrigation as CK) were designed to investigate the changes of soil nutrient, organic matter content agronomic traits, chlorophyll fluorescent characteristics of leaves and fruit quality of blueberry. The results showed that TR2 could significantly increase the content of available phosphorus and organic matter in blueberry rhizosphere soil, while had no significant effect on soil alkali hydrolysable N and available potassium, however, when relative soil water content exceeded 60%, alkali hydrolysable N and organic matter in soil decreased. Irrigation decreased the content of anthocyanin, vitamin C in blueberry fruit by varying degrees and had on effect of fruit acidity, but increased the total sugar content and ratio of

sugarto acid, TR2 had the highest content of total sugar in fruit. >45%–60% of relative soil water content was the optimal irrigation for blueberry (Blomidon), considering the effects of different irrigation treatments on the growth parameters, photosynthetic parameters and fruit quality.

**Keywords:** blueberry; water-controlled; soil nutrients; chlorophyll fluorescence; fruit quality

水分是影响植物生长发育及产量形成的重要限制因素,合理灌溉是促进干旱、半干旱地区植物生长和提高产量的重要措施之一,但灌溉量的不同又会对植物产生不同的影响。有研究表明,充足的水分可以促进小麦形成深根系,提高小麦产量和水分利用效率,适当的亏缺灌溉也可以显著提高小麦产量和水分利用效率<sup>[1]</sup>,有利于构建适宜株型结构<sup>[2]</sup>,提高叶片活力和净光合速率<sup>[3]</sup>,水分含量过高时,会限制植物的光合作用<sup>[4]</sup>。

蓝莓为杜鹃花科(Ericaceae)、越橘属(*Vaccinium* spp.)落叶灌木,果实中富含花色苷和维生素等,具有较高的营养和保健价值<sup>[5]</sup>。蓝莓的生长对环境的要求较为苛刻,要求土壤pH值较低、适宜的土壤养分、温度和有机质等,并且蓝莓属浅根性植物,根系不发达,主根不明显,无根毛,根系主要分布在0~20 cm的土壤中,对水分特别是深层的土壤水分吸收较为困难<sup>[7-8]</sup>,因此,水分也是影响蓝莓生长发育及果实产量和品质的重要限制因素<sup>[9-10]</sup>。‘美登’(Blomidon)为近年来从加拿大引入的矮丛蓝莓品种,是目前最适宜中国北方高寒地区人工种植的品种,但目前关于“美登”对水分的需求特征方面的研究较少。为此,笔者开展了不同灌溉条件对‘美登’生长、叶绿素荧光特性以及果实品质方面的影响研究,旨在为蓝莓‘美登’的科学灌溉和制定节水高效的栽培技术提供理论依据。

## 1 试验地概况

大兴安岭地区阿木尔林业局中心苗圃蓝莓人工栽培试验示范区(E52°15'、N122°38'),年均降水455 mm。试验地土壤碱解氮含量305.96 mg/kg、速效磷含量19.59 mg/kg、速效钾含量149.83 mg/kg、有机质含量21.7 mg/kg, pH 5.06。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料

供试品种为矮丛类蓝莓品种‘美登’,为3年生苗

(2011年移栽)。

### 2.2 试验设计

试验于2011—2014年进行。设3个土壤相对含水量处理,分别为30%~45%(TR1)、>45%~60%(TR2)和,>60%(TR3),以无灌溉措施为对照(CK),共4个处理。采用垄作方式。每个处理2垄,垄长160 m,垄宽1.3 m。种植株距0.6 m,即每垄种植236株。试验区无防雨棚,当发生自然降雨时,各处理均停止灌溉处理;当干旱发生时,随时监控土壤0~20 cm深度的相对含水率,并且随时采用试验地的喷灌装置进行人工控水。试验过程中不进行施肥处理,其他农艺措施按常规进行。

### 2.3 测定项目和方法

移栽后第4年(2014年),蓝莓进入盛果期,进行各指标的测定。

土壤养分和有机质含量的测定:于7月10日、8月6日和9月6日共计3次采集不同处理蓝莓的根际土,烘干,测定土壤的碱解氮、速效磷、速效钾和有机质含量<sup>[11]</sup>。

植株生长指标测定:于2014年8月6日调查不同处理下蓝莓植株的株高(cm)、冠幅(cm)、枝条长度(cm)及粗度(mm),其中冠幅以南北和东西方向冠幅的平均值为标准,衍生枝长和枝条粗度均以当年生最长枝条为测定对象,各指标测定20次重复,结果取平均值。

叶片叶绿素荧光参数的测定:于2014年8月6日,利用暗适应夹对蓝莓新生枝条上的中上部完全展开叶片进行0.5 h的暗适应,采用便携式脉冲调制荧光仪FMS-2(Hansatch公司,英国)测定不同处理蓝莓叶片的PS II最大光化学效率( $F_v/F_m$ )、电子传递速率( $R_{ET}$ )、光化学淬灭系数( $q_p$ )和非光化学淬灭( $Q_{NP}$ )等,3次重复<sup>[12]</sup>。

果实品质指标的测定:9月6日,采不同处理的成熟果实,冰盒冷藏带回实验室,存放于-20℃冰箱中,于东北林业大学植物生理实验室测定果实的

花色苷、维生素C、总糖和总酸含量等品质指标。花色苷含量的测定参照文献[13]方法；维生素C含量的测定采用苯酚比色法<sup>[14]</sup>；总糖含量的测定采用蒽酮比色法<sup>[15]</sup>；总酸含量的测定采用NaOH滴定法，滴定时以滴定液中红色石蕊试纸变蓝为滴定终点<sup>[16]</sup>。

## 2.4 数据处理和统计方法

运用Excel和DPS软件对试验数据进行统计分析，采用单因素方差分析(One-way ANOVA)和最小显著差法(LSD)比较不同组间的差异。

## 3 结果与分析

### 3.1 控水灌溉对蓝莓园土壤主要养分和有机质含量的影响

由表1可以看出，与CK相比，各控水处理土壤中速效钾含量的差异均无统计学意义；TR3处理的土壤碱解氮含量与CK相比存在显著差异，而TR1处理的土壤碱解氮含量和有机质含量与对照相比均无统计学意义。土壤中速效磷的含量随着土壤含水量的增加而增加，且各处理与对照间存在显著或极显著差异。

表 1 各控水处理下土壤的主要养分和有机质含量

处理	碱解氮/(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾/(mg·kg <sup>-1</sup> )	有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )
CK	(115.17±18.75)aAB	(36.01±0.12)cC	161.83±26.74	(6.31±1.23)bAB
TR1	(117.66±18.52)aAB	(42.13±1.83)bBC	160.80±10.20	(6.25±0.51)bAB
TR2	(130.31±3.11)aA	(47.31±3.04)abAB	163.58±19.69	(7.95±0.37)aA
TR3	(88.06±1.87)bB	(50.49±4.81)aA	154.62±13.96	(5.34±0.42)bB

同列不同大、小写字母分别表示 0.05、0.01 水平差异显著。

### 3.2 控水灌溉对蓝莓植株生长的影响

由表2可以看出，不同控水处理均促进了蓝莓植株的生长，其株高和冠幅的表现规律相似，从高到低的处理顺序依次为TR1、TR2、TR3、CK，且TR1处理的株高和冠幅与CK相比存在极显著差异。不同控水处理均明显促进了蓝莓枝条增粗，差异均

达极显著水平，但不同控水处理间枝长粗度的差异均无统计学意义。各控水处理均可促进蓝莓枝条的伸长，与CK相比，均存在极显著差异，其中以TR2处理对蓝莓延生枝长的促进作用最为明显(比对照高31.15%)，且与TR1和TR3处理存在极显著差异。

表 2 各控水处理下蓝莓植株的农艺性状表现

处理	株高/cm	冠幅/cm	枝条长度/cm	枝条粗度/mm
CK	(15.64±3.33)cB	(26.37±6.79)cC	(3.05±0.63)cC	(2.31±0.37)bB
TR1	(22.81±3.65)aA	(39.90±7.20)aA	(3.58±0.48)bB	(3.14±0.57)aA
TR2	(21.39±4.10)abA	(37.30±6.90)abA	(4.00±0.70)aA	(3.03±0.51)aA
TR3	(20.18±4.23)ba	(32.17±5.14)ba	(3.19±0.48)cBC	(2.98±0.54)aA

### 3.3 控水灌溉对蓝莓叶片叶绿素荧光参数的影响

由表3可以看出，3个控水处理的蓝莓叶片的 $F_v/F_m$ 值与CK间的差异均达极显著水平。各控水处理的蓝莓叶片的 $R_{ET}$ 和 $q_P$ 与CK相比有不同程度的增

加，特别是TR1和TR2处理的增加幅度明显大于TR3处理。另外，TR1和TR2处理蓝莓叶片的 $Q_{NP}$ 较CK有小幅度的降低，而TR3处理的 $Q_{NP}$ 较CK增加了27.52%( $P > 0.05$ )。

表 3 各控水处理下蓝莓叶片叶绿素荧光参数

处理	$F_v/F_m$	$R_{ET}$	$q_P$	$Q_{NP}$
CK	(0.80±0.01)cC	(144.50±24.82)bB	(0.67±0.13)bA	(1.76±0.23)abA
TR1	(0.84±0.01)aA	(192.78±13.60)aA	(0.80±0.02)abA	(1.69±0.40)bA
TR2	(0.83±0.00)abAB	(202.78±12.73)aA	(0.83±0.01)aA	(1.50±0.21)bA
TR3	(0.82±0.01)bB	(159.46±8.84)baB	(0.75±0.03)abA	(2.45±0.26)aA

### 3.4 控水灌溉对蓝莓果实品质的影响

由表4可以看出,与对照相比,各控水处理蓝莓花色苷含量、总糖含量和总酸度的差异均无统计学意义,但不同控水处理下的蓝莓花色苷含量均比对照低,总糖含量均比对照高。不同控水处理

下蓝莓的维生素C含量较CK均有不同程度的降低,其中以TR2处理降幅最大,TR1和TR3与CK无显著差异。而不同控水处理下果实中的总糖含量均高于对照,但差异没有统计学意义。不同控水处理对蓝莓果实的总酸度没有明显影响。

表 4 各控水处理下蓝莓果实营养成分含量

处理	花色苷含量/( $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ )	维生素 C 含量/( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	总糖含量/( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	总酸度/%
CK	13.46 $\pm$ 1.54	(9.64 $\pm$ 0.99)aA	0.01 $\pm$ 0.00	9.81 $\pm$ 1.03
TR1	12.98 $\pm$ 0.37	(8.88 $\pm$ 0.18)abAB	0.02 $\pm$ 0.00	9.89 $\pm$ 0.14
TR2	13.02 $\pm$ 1.20	(8.07 $\pm$ 0.20)bB	0.02 $\pm$ 0.01	9.78 $\pm$ 0.13
TR3	10.58 $\pm$ 2.64	(9.39 $\pm$ 0.10)aAB	0.02 $\pm$ 0.01	9.86 $\pm$ 0.07

## 4 结论与讨论

土壤含水量在一定程度上影响土壤中的养分含量。本试验中,TR2处理蓝莓根际的土壤碱解氮含量最高,而TR3处理最低,即>45%~60%的土壤相对含水量有利于土壤中碱解氮的释放,但土壤相对含水量大于60%时,蓝莓根际土壤中的碱解氮含量却明显降低。有研究<sup>[17]</sup>表明,土壤中的氮,特别是硝态氮不容易被土壤胶体吸附,当土壤含水量过高时会随着土壤水分的淋溶而损失。本试验中,土壤相对含水量大于60%时,蓝莓根际土壤碱解氮含量较低,可能是因为蓝莓属浅性植物,氮随着土壤水分挥发淋溶。随着土壤相对含水量的增加,蓝莓根际土壤的速效磷含量明显增加,而速效钾含量则没有发生明显变化,这与吴漩等<sup>[18]</sup>的研究结果相似。土壤中有机质含量受有机质输入和分解的影响,在没有有机质输入或输入可以忽略时,有机质的分解是土壤中有机质含量的主要来源,而有机质的分解主要受土壤微生物活性的影响<sup>[19]</sup>。本试验中,TR2处理土壤有机质含量最高,而TR3处理土壤有机质含量则明显降低,可能是过高的土壤含水量使土壤通气受到限制,微生物数量和活性降低<sup>[20]</sup>,而有机质含量的降低又会反过来影响土壤通气状况和微生物的活性等。

水分是植物生长发育的重要因素。蓝莓由于根系在土壤中的分布较浅,主根不发达,无根毛,导致对水分的吸收较为困难,特别是对深层土壤中的水分吸收更为困难<sup>[21]</sup>。本试验中,不同控水处理蓝莓的株高、冠幅以及枝条粗度和枝条升序等在不同程度上高于CK,表明适当增加土壤相对含水量可以促进蓝莓株高的生长。但当土壤相对含水率超过

60%时,抑制了蓝莓植株的生长,这可能与过高的土壤相对含水率限制了蓝莓根系的呼吸作用有关<sup>[22]</sup>。

研究<sup>[23]</sup>表明,当土壤水分较低时会明显抑制植物的光合作用,一方面表现为光合电子传递速率的降低,光合电子传递链上产生过剩电子;另一方面,碳同化能力即净光合速率的降低反而会导致同化力的积累。电子的过剩和同化力积累的结果会导致活性氧ROS的爆发,从而进一步影响植物的光合作用正常进行。本试验结果表明,不同控水处理下蓝莓叶片的 $F_v/F_m$ 均维持在0.80以上,说明即使未经灌溉处理(CK)也没有导致蓝莓叶片光抑制的发生,这可能与测定时土壤没有明显干旱有关。但灌溉处理下蓝莓叶片的 $F_v/F_m$ 、 $R_{ET}$ 和 $q_p$ 均较CK有不同程度的增加,说明灌溉处理可以提高蓝莓叶片的PS II光化学效率和开放比例,促进光合电子传递链上的电子传递,以生成足够的同化力,保证暗反应的能量供应。TR3处理下蓝莓叶片的 $F_v/F_m$ 、 $R_{ET}$ 和 $q_p$ 均较TR1和TR2有所降低,表明当土壤水分含量超过60%时,反而对植物的PS II功能产生了不利的影响<sup>[24-25]</sup>。造成此现象的原因可能与TR3处理的 $Q_{NP}$ 增加有关,过高的热耗散与光化学反应竞争能量<sup>[26]</sup>,相对降低了叶片吸收光能用于电子传递的能量比例。

本试验中,不同土壤含水量处理下蓝莓果实中的维生素C和花色苷含量均有不同程度的降低,可能因为蓝莓果实中的花色苷主要存在于果皮中,而增加水分灌溉量使果实体积相对增加,造成单位质量果实中果皮的表面积降低。试验结果显示TR3处理果实中的维生素C含量较TR1和TR2有所增加,原因可能是过多的土壤相对含水量使根系呼吸作用以及叶片光合作用受到限制(表3),而抗氧化

和清除自由基以及光保护作用的主要物质维生素C合成增加,并在果实中积累有关<sup>[27]</sup>。糖和酸作为影响果实风味的重要指标,其含量和比值直接影响果实的可食性。本试验中,不同灌溉处理下蓝莓果实的总酸度虽然没有明显变化,但其总糖含量却较CK有不同程度的增加,并且以TR2处理的增加幅度最大,即>45%~60%的土壤相对含水量不但可以促进蓝莓植株的生长,增强叶片的光合能力,还可以改善果实的风味。

蓝莓的生长对水分比较敏感,合理增加灌溉可以有效促进土壤养分的释放,增加土壤有机质含量,促进蓝莓植株的生长,增加蓝莓叶片PS II光化学活性,改善蓝莓的风味。综合整个试验结果,蓝莓较适宜的土壤相对含水量为>45%~60%。

#### 参考文献:

- [1] Li F M, Yan X, Li F R, et al. Effects of different water supply regimes on water use and yield performance of spring wheat in a simulated semi-arid environment[J]. *Agricultural Water Management*, 2001, 47: 25–35.
- [2] 郑成岩, 于振文, 张永丽, 等. 不同施氮水平下灌水量对小麦水分利用特征和产量的影响[J]. *应用生态学报*, 2010, 21(11): 2799–2805.
- [3] Kato Y, Kamoshita A, Yamagishi J, et al. Growth of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars under upland conditions with different levels of water supply[J]. *Plant Production Science*, 2007, 10(1): 3–13.
- [4] 胡继超, 姜东, 曹卫星, 等. 短期干旱对水稻叶水势、光合作用及干物质分配的影响[J]. *应用生态学报*, 2004, 15(1): 63–67.
- [5] 郎莹, 张光灿, 张征坤, 等. 不同土壤水分下山杏光合作用光响应过程及其模拟[J]. *生态学报*, 2011, 31(16): 4499–4508.
- [6] 李铁军, 朴炫春, 廉家盛, 等. 利用生物反应器接触培养法增殖笃斯越橘丛生苗[J]. *林业科学*, 2012, 48(11): 130–133.
- [7] Mingeau M, Perrier C, Ameglio T. Evidence of drought-sensitive periods from flowering to maturity on highbush blueberry[J]. *Scientia Horticulturae*, 2001, 89(1): 23–40.
- [8] 陈文荣, 曾玮玮, 李云霞, 等. 高丛蓝莓对干旱胁迫的生理响应及其抗旱性综合评价[J]. *园艺学报*, 2012, 39(4): 637–646.
- [9] Davies F S, Flore J A. Gas exchange and flooding stress of highbush and rabbit-eye blueberries[J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1986, 111(2): 565–571.
- [10] 徐海军, 沈光, 周琳, 等. 笃斯越橘生境分类及生态因子分析[J]. *东北林业大学学报*, 2013, 41(1): 59–62.
- [11] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [12] 张会慧, 张秀丽, 李鑫, 等. NaCl和Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>胁迫对桑树幼苗生长和光合特性的影响[J]. *应用生态学报*, 2012, 23(3): 625–631.
- [13] Pirie A, Mullins M G. Changes in anthocyanin and phenolics content of grapevine leaf and fruit tissues treated with sucrose, nitrate, and abscisic acid[J]. *Plant Physiology*, 1976, 58: 468–472.
- [14] 王晶英, 敖红, 张杰, 等. 植物生理生化实验技术与原理[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2003.
- [15] 宗学风, 王三根. 植物生理研究技术[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 2011.
- [16] 李春丽, 董清华, 冯永庆, 等. 葡萄果实始熟期前后糖和pH值及ABA变化[J]. *北京农学院学报*, 2010, 25(2): 14–17.
- [17] 周建斌, 翟丙年, 陈竹君, 等. 设施栽培菜地土壤养分的空间累积及其潜在的环境效应[J]. *农业环境科学学报*, 2004, 23(2): 332–335.
- [18] 吴璇, 郑子成, 李廷轩, 等. 灌水对不同次生盐渍化水平设施土壤氮、磷迁移特征的影响[J]. *水土保持学报*, 2013, 27(4): 23–28.
- [19] 刘效东, 乔玉娜, 周国逸. 土壤有机质对土壤水分保持及其有效性的控制作用[J]. *植物生态学报*, 2011, 35(12): 1209–1218.
- [20] Kucera C L, Kirkham D R. Soil respiration studies in tall grass prairie in Missouri[J]. *Ecology*, 1971, 52: 912–915.
- [21] 曾玮玮. 蓝莓对干旱胁迫的生理响应研究[D]. 杭州: 浙江师范大学, 2012.
- [22] 陈全胜, 李凌浩, 韩兴国, 等. 水分对土壤呼吸的影响及机理[J]. *生态学报*, 2003, 23(5): 972–978.
- [23] 张会慧, 田祺, 刘关君, 等. 转2-Cys Prx基因烟草抗氧化酶和PS II电子传递对盐和光胁迫响应[J]. *作物学报*, 2013, 39(11): 2023–2029.
- [24] 王唯道, 刘小军, 田永超, 等. 不同土壤水分处理对水稻光合特性及产量的影响[J]. *生态学报*, 2012, 32(22): 7053–7060.
- [25] 郎莹, 张光灿, 张征坤, 等. 不同土壤水分下山杏光合作用光响应过程及其模拟[J]. *生态学报*, 2011, 31(16): 4499–4508.
- [26] 张会慧, 张秀丽, 王娟, 等. 利用快相叶绿素荧光参数综合评价3种丁香耐盐性[J]. *南京林业大学学报: 自然科学版*, 2013, 37(5): 13–19.
- [27] Conklin P L. Recent advance in the role and biosynthesis of ascorbic acid in plants[J]. *Plant, Cell and Environment*, 2001(24): 383–394.

责任编辑: 尹小红

英文编辑: 梁和